

Die extreme Trockenheit 2018 in Nordwestdeutschland, Teil 2

Das Wachstum der Waldbäume zeigt einen arttypischen saisonalen Verlauf und wird gleichzeitig durch eine Vielzahl von Wirkungsgrößen gesteuert. Einfluss nehmen neben der Witterung beispielsweise die Herkunft, das Baumalter, die Konkurrenzsituation im Bestand sowie die standörtlichen Bedingungen. In diesem Beitrag werden die Folgen der Trockenheit 2018 für die Bodenfeuchte und das Baumwachstum in Nordwestdeutschland dargestellt.

*Markus Wagner, Birte Scheler,
Johannes Suttmöller, Inge Dammann, Uwe Paar,
Henning Meesenburg, Johannes Eichhorn*

Die Auswirkungen von Trockenperioden auf das Wachstum der Bäume hängen maßgeblich von der Wasserversorgung zu Beginn und während der Vegetationszeit ab [10]. Je früher der Trockenstress während der Vegetationszeit auftritt, desto stärker wirkt er sich schädigend auf die Wurzeln und die Vitalität der Bäume aus [15]. Klimaprojektionen lassen eine Erwärmung in Deutschland zwischen 2 K und über 4 K bis zum Ende des Jahrhunderts erwarten [13]. Solche Veränderungen stellen hinsichtlich Stabilität und Produktivität der Wälder eine große Herausforderung für die Forstwirtschaft dar [6].

Nachfolgend wird das Wachstumsverhalten der Hauptbaumarten unter den extremen Witterungsbedingungen des Jahres 2018 (s. a. den Beitrag auf S. 42) dargestellt. Hierfür wird zunächst der Verlauf des Radialwachstums von Bäumen auf Intensivmonitoringflächen [22]

in Nordwestdeutschland dem Wachstum der Vorjahre gegenübergestellt. Für ausgewählte Flächen wird außerdem die unmittelbare Wirkung der Bodenaustrocknung 2018 auf das Wachstum von Fichte, Kiefer und Buche näher betrachtet.

Das Wachstum der Bäume 2018 im Vergleich zu den Vorjahren

Mithilfe der Daten von hochauflösenden Dendrometern bzw. von 14-tägigen Ableisungen der Dauerumfangmessbänder von bis zu sechs repräsentativ ausgewählten Bäumen auf insgesamt 18 Intensivmonitoringflächen in Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt wird die Entwicklung des Radialzuwachses im Laufe der Wachstumsperiode analysiert. Hierdurch kann die Anpassungsfähigkeit der Bäume an Trockenheit untersucht werden, die ein wichtiges Kriterium für die langfristige Waldbauplanung ist [8]. Die Ergebnisse der Zuwachsmessungen sind aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht repräsentativ für die Wälder in Nordwestdeutschland, zeigen jedoch exemplarisch Reaktionsmuster des Wachstums an.

Fichte

Auf den beiden Flächen in Fürth (Odenwald) und Königstein (Taunus) setzte das Radialwachstum der Fichten 2018 Anfang Mai ein, die Flächen Lange Bramke Kamm (Harz) und Solling folgten Mitte Mai (Abb. 1). Aufgrund der nach dem niederschlagsreichen Winterhalbjahr gut gefüllten Bodenwasserspeicher zeigte das Dickenwachstum der Fichten zunächst keine Auffälligkeiten im Vergleich zu den Vorjahren. Zwischen Mitte Juni und Mitte Juli stellten die Fichten jedoch auf allen vier untersuchten Flächen ihr Wachstum ein. Bis auf die Fläche im Solling konnte

auf den anderen Fichtenstandorten ab Mitte September wieder ein geringes Radialwachstum beobachtet werden. In der Summe war der Radialzuwachs Ende Oktober zwischen 0,46 mm (Fürth) und 1,85 mm (Solling) geringer als im Vorjahr. Auf den beiden langjährig untersuchten Flächen Lange Bramke Kamm und Solling wurden 2018 die geringsten Zuwächse der letzten sieben Jahre beobachtet.

Kiefer

Das Dickenwachstum der Kiefern begann 2018 in Augustendorf, Colbitz und im Hess. Ried bereits Mitte/Ende April, in Klötze Mitte Mai (Abb. 1). Trotz des frühen Wachstumsbeginns lag der Radialzuwachs mit Ausnahme der Fläche Hess. Ried von Beginn an deutlich unter dem Zuwachs des Jahres 2017. In der Zuwachsperiode bis Ende Oktober war der Radialzuwachs zwischen 0,9 mm (Colbitz) und 2,1 mm (Klötze) geringer als 2017. Auch im Vergleich mit den Jahren 2012 bis 2016 blieb der Zuwachs in Augustendorf und Klötze im Jahr 2018 zurück. Charakteristisch ist das auffällige Muster im Zuwachsverlauf mit längeren Wachstumspausen, die unvermittelt durch erneuten Zuwachs nach stärkeren Niederschlagsereignissen unterbrochen werden. In Nedlitz wurde 2018 über die gesamte Wachstumsperiode mit lediglich 0,02 mm kein nennenswerter Zuwachs registriert. Dieser nahezu vollständige Zuwachsausfall findet eine Analogie auf den Monitoringflächen Altdorf und Dinkelsbühl in Bayern (Raspe 2019, mündl. Mitt.).

Buche

Das Dickenwachstum der untersuchten Buchen begann 2018 aufgrund der sehr zeitigen Blattentfaltung bereits Mitte/Ende

Schneller Überblick

- Die untersuchten Kiefern und Fichten reagierten stärker mit Einbußen im Dickenwachstum als Buchen und Eichen
- Die starke Bodenaustrocknung spiegelt sich unmittelbar im Wachstumsverlauf während der Vegetationszeit wider
- Infolge der extremen Trockenheit 2018 muss auch in den Folgejahren mit Zuwachseinschränkungen gerechnet werden

April, im Solling Anfang Mai (Abb. 2). Auf den Flächen Fürth, Spessart, Kellerwald, Krofdorf, Hess. Ried und Solling lag der Radialzuwachs während der gesamten Vegetationsperiode über dem Zuwachs des Jahres 2017. Im Göttinger Wald blieb der Zuwachs ab Ende Juli, in Lüss bereits Ende Juni hinter dem Zuwachs von 2017 zurück. War das Dickenwachstum auf den Flächen Lüss, Solling, Göttinger Wald, Krofdorf und Hess. Ried bereits Anfang Juli weitgehend abgeschlossen, so war dies im Spessart und Kellerwald erst Ende Juli, in Fürth sogar erst Ende Oktober der Fall. Im Vergleich mit dem Jahr 2017 wiesen somit sechs Buchenflächen einen um bis zu 1,2 mm höheren Radialzuwachs auf. Auf den Flächen Göttinger Wald und Lüss war er hingegen 0,3 bzw. 1,1 mm geringer als im Vorjahr. Im Vergleich mit den Jahren seit 2012 wiesen zwei der drei langjährig untersuchten Flächen 2018 einen überdurchschnittlichen Radialzuwachs auf. Lediglich für die Fläche Lüss lag der Zuwachs unter dem der Vorjahre.

Erkenntnisse aus einem Vergleich der Jahre 2003 und 2004 deuten darauf hin, dass Buchen oft erst im folgenden Jahr mit Zuwachseinbußen reagieren [7, 23].

Eiche

Der Radialzuwachs der beiden Eichenflächen unterscheidet sich stark im Niveau (Abb. 2). Das deutlich schwächere Wachstum der Eichen auf der Fläche Lüss ist durch das mit 209 Jahren wesentlich höhere Bestandesalter sowie einen geringeren Standraum der Bäume bedingt. Auf die 2018 herrschenden Witterungsverhältnisse mit hohen Temperaturen und einem zu Beginn der Vegetationsperiode gut gefüllten Bodenspeicher reagierten beide Bestände mit früh einsetzendem Zuwachs ab Mitte April und mit höheren Zuwächsen als 2017. Ab Juli (Lüss) bzw. August (Ehrhorn) entsprach der Radialzuwachs etwa dem Niveau des Vorjahres. Der mittlere Radialzuwachs der sechs beobachteten Bäume betrug 2018 in Ehrhorn 2,5 mm (-0,3 mm gegenüber 2017) und in Lüss 0,7 mm (-0,1 mm).

Entwicklung der Bodenfeuchte und des Radialwachstums 2018

Die Wirkung der Witterung auf den Zuwachs der Bäume lässt sich besonders gut

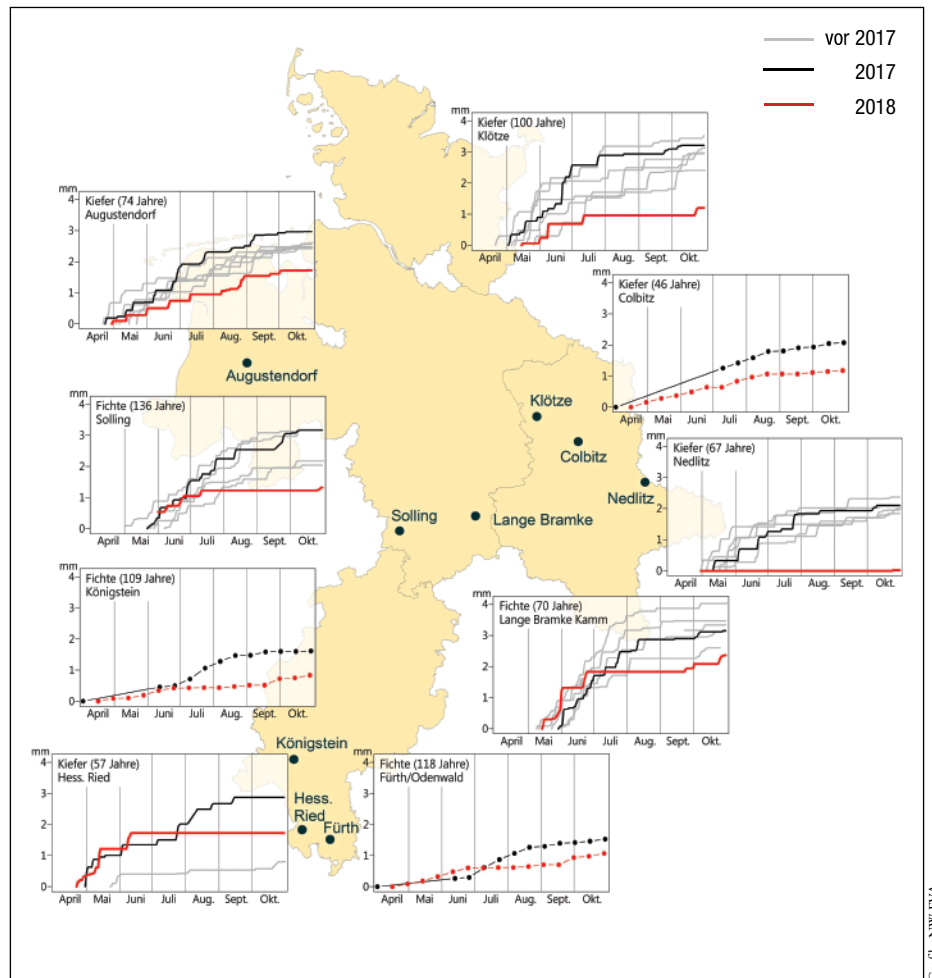


Abb. 1: Mittlerer jährlicher Verlauf des Radialzuwachs (mm) auf ausgewählten Kiefern- und Fichtenflächen des Intensiven Monitorings in Nordwestdeutschland. Durchgezogene Linien zeigen Daten von hochauflösenden Dendrometern, strichgepunktete Linien 14-tägige Ablesungen von Dauerumfangmessbändern.

aus der Bodenfeuchte ableiten, da Bäume ihren Wasserbedarf aus dem im Boden gespeicherten Wasser decken. Das Matrixpotenzial ist ein Maß für die Saugspannung, welche die Pflanzen aufbringen müssen, um dem Boden Wasser entziehen zu können. Sie wird als negativer Druck in Hektopascal (hPa) angegeben. Mit zunehmender Austrocknung des Bodens nimmt das Matrixpotenzial immer höhere negative Beträge an. Wie bei Raspe et al. [15] beschrieben, ist mit zunehmender Bodentiefe eine Verzögerung der Austrocknung zu beobachten (Abb. 3). Messtechnisch bedingt ist dabei ab -850 hPa eine weitere Differenzierung der Austrocknungsintensität nicht möglich. Tab. 1 bietet zur Einordnung der Bodeneigenschaften an den untersuchten Standorten eine Übersicht wichtiger Bodenmerkmale. Verbreitet treten an den Standorten Braunerden auf, in Augustendorf Podsol. An den Kiefernstandorten Augustendorf und Nedlitz do-

miniert die Bodenart Sand, was zu einer vergleichsweise geringen Bodenspeicherkapazität führt (nFK-Werte von 101 bzw. 107 mm). Höhere Lehm- und Schluffgehalte führen an den übrigen Standorten zu einem höheren Wasserspeichervermögen (nFK-Werte zwischen 141 und 168 mm).

Kiefer

Auf der Kiefernfläche in Augustendorf setzte bereits Mitte Mai die Austrocknung bis in 1 m Bodentiefe ein und verschärfte sich ab Anfang Juni nochmals deutlich (Abb. 3, oben links). Ab Juli lag das Matrixpotenzial in 60 cm Bodentiefe durchgehend unter -800 hPa. Vereinzelt Niederschläge sorgten im Oberboden für kurzzeitige Wiederbefeuchtungen, die sich auch geringfügig im Zuwachs bemerkbar machten. Erst ab Anfang September kam es infolge vermehrter Niederschläge zu einer stärkeren Wiederbefeuchtung des

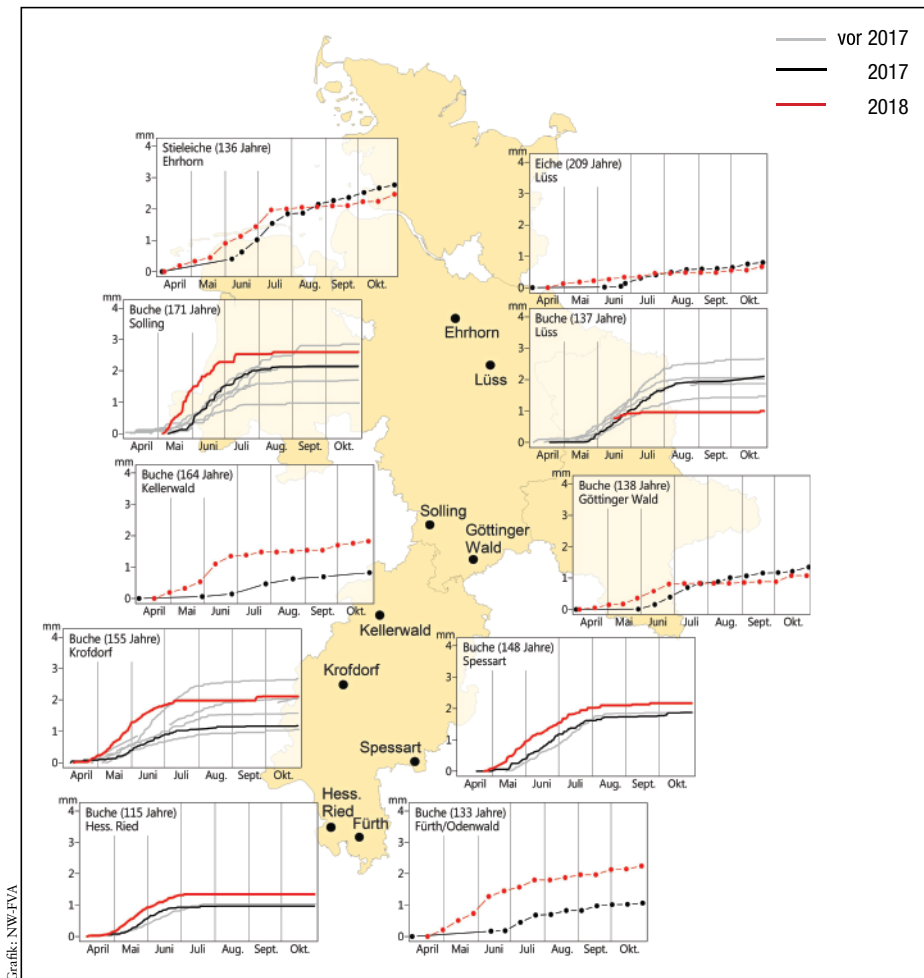


Abb. 2: Mittlerer jährlicher Verlauf des Radialzuwachses (mm) auf ausgewählten Buchen- und Eichenflächen des Intensiven Monitorings in Nordwestdeutschland. Durchgezogene Linien zeigen Daten von hochauflösenden Dendrometern, strichgepunktete Linien 14-tägige Ablesungen von Dauerumfangmessbändern.

Oberbodens und nachfolgend zu nennenswerten Zuwächsen bei den Kiefern in Augustendorf.

Die extrem trocken-warme Witterung in Sachsen-Anhalt spiegelt sich ebenfalls eindrücklich in der Bodenfeuchte wider. Am Beispiel des Kiefernstandortes **Nedlitz** wird die besonders frühe und lang anhaltende Austrocknung des Bodens deutlich sichtbar (Abb. 3, oben rechts). Die Bodentrockenheit wurde erst ab Oktober nennenswert durch einzelne Niederschlagsereignisse unterbrochen. Mit der kurzzeitigen Wiederbefeuchtung der Böden im Oktober wurde zum Ende des Monats erstmals minimaler Zuwachs registriert. Auch auf dem Standort im **Hess. Ried** stellten die Kiefern mit Beginn der Austrocknung des Bodens bereits Mitte Juni ihr Wachstum ein (Abb. 3, Mitte links). Da bis Ende Oktober keine nachhaltige Wiederbefeuchtung der Böden stattfand, wurde auch kein weiteres

Wachstum dokumentiert. Eine eher moderate Austrocknung in den tieferen Bodenschichten sowie die unmittelbare Kopplung erneuter Zuwächse an Niederschlagsereignisse lassen an den Standorten Augustendorf und Nedlitz keine Hinweise, wie bei Hornschuch et al. [12] beschrieben, für das Auftreten von Senkerwurzeln oder zusätzlichen Wurzelstockwerken zur Ausschöpfung tiefer gelegener Wasservorräte erkennen.

Nach Anders et al. [2] reagieren Kiefern auf Transpirationsstress bei Wasserknappheit unmittelbar mit einem Zuwachsstopp. Der direkte Vergleich von Bodenfeuchte und Radialzuwachs auf den hier untersuchten Flächen bestätigt dieses unmittelbare Reaktionsverhalten der Kiefer.

Buche

Die Entwicklung der Bodenfeuchteverhältnisse der Buchenfläche im **Hess. Ried** (Abb. 3, Mitte rechts) ähnelt der der Kie-

fernfläche. Die beginnende Austrocknung des Bodens wurde durch einzelne Niederschlagsereignisse bis in den Juli hinein immer wieder unterbrochen. Die Niederschläge bewirkten bis in 1 m Bodentiefe eine temporäre Wiederbefeuchtung, sodass in Verbindung mit den hohen Temperaturen und einem frühen Blattaustrieb der Radialzuwachs der Buchen auf dieser Fläche bis zu diesem Zeitpunkt vergleichsweise hoch war. Ab Anfang Juli bis Ende Oktober wurde kein weiterer Zuwachs mehr beobachtet. Die Buchen auf der Fläche im **Solling** verzeichneten im Jahr 2018 ebenfalls einen überdurchschnittlich hohen Radialzuwachs. Der Boden war bis Anfang Juli ausreichend mit Wasser gefüllt, sodass das Wachstum der Buchen bis zu diesem Zeitpunkt nicht eingeschränkt wurde (Abb. 3, unten links). Infolge der verstärkten Boden-austrocknung wurde ab Juli kein nennenswertes Dickenwachstum mehr registriert. Trotz dieser ungünstigen Wachstumsbedingungen in der zweiten Hälfte der Wachstumsperiode wurde auf diesen Flächen im Jahr 2018 ein überdurchschnittlicher Zuwachs beobachtet, was neben den hohen Temperaturen auch darauf zurückzuführen ist, dass der Großteil des Radialwachstums bei dieser Baumart üblicherweise in der ersten Hälfte der Vegetationszeit bis Ende Juli erfolgt [3, 17]. Die starke Austrocknung des Unterbodens spricht außerdem für eine Tiefenausschöpfung der Wasservorräte durch die Buche.

Fichte

Auf der dem Buchenstandort benachbarten Fläche im **Solling** stellte die Fichte infolge der frühen Trockenheit in den oberen Bodenschichten (bis 60 cm) ihr Wachstum ebenfalls Anfang Juli ein (Abb. 3, unten rechts). Wie die Jahre zuvor belegen (s. Abb. 1), verzeichnet die Fichte jedoch bei ausreichendem Bodenwasserangebot regelmäßig bis in den September hinein Zuwächse. Im Jahr 2018 hielt die Trockenheit dagegen bis in den Oktober an, sodass ab Juli fast kein Zuwachs mehr gemessen wurde und die Zuwachsleistung des gesamten Jahres deutlich hinter dem der Vorjahre zurückblieb. Auch Dietrich et al. [4] stellten infolge der extremen Witterung im Sommer 2003 starke Einbußen im Durchmesserwachstum von Fichten in Bayern fest. Nach dem Trockenjahr

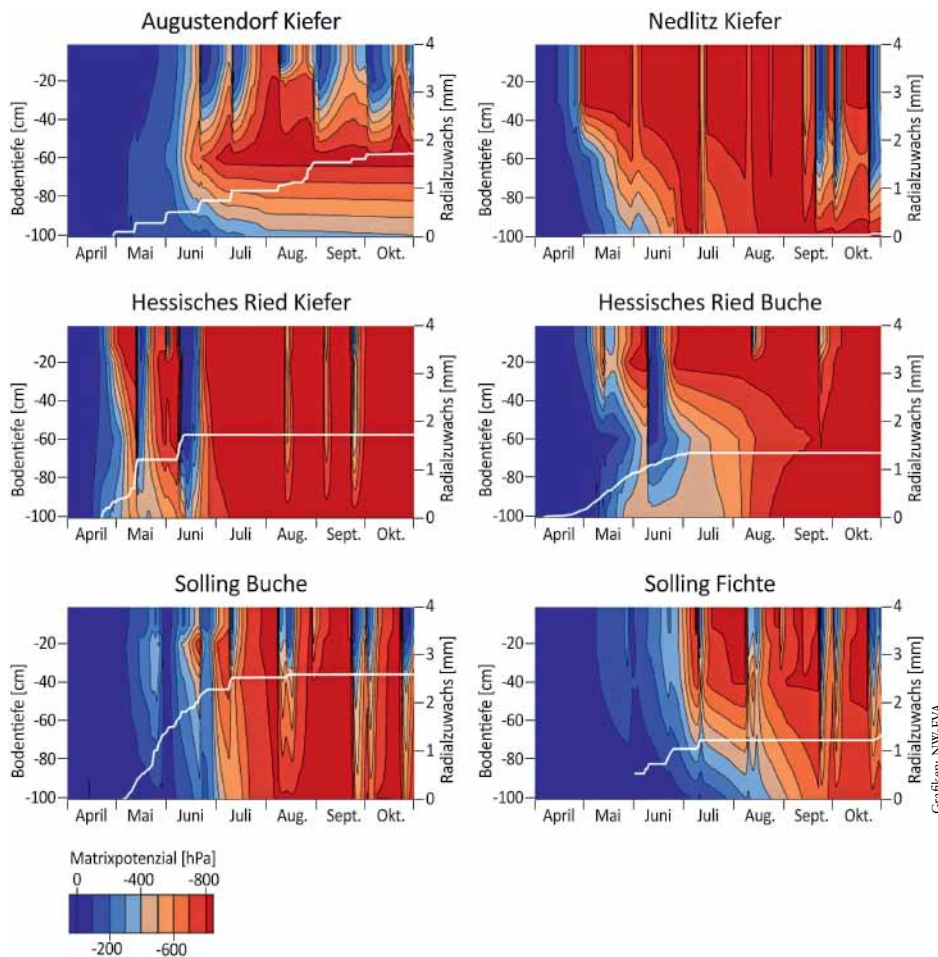


Abb. 3: Entwicklung der Bodenfeuchte (Matrixpotential) zwischen April und Oktober 2018 bis 1 m Bodentiefe auf ausgewählten Flächen des Intensiven Monitorings in Nordwestdeutschland. Blaue Farben zeigen hohe Bodenfeuchte, rote Farben geringe Bodenfeuchte. Der mittlere kumulierte Zuwachs im Jahr 2018 ist als weiße Linie dargestellt.

1976 wurden sogar über mehrere Folgejahre hinweg starke Zuwachsrückgänge bei der Fichte beobachtet [18]. Vergleicht man den Verlauf der Matrixpotenziale der Buchen- und der Fichtenfläche im Solling, fällt auf, dass die Austrocknung des Bodens unter Fichte vornehmlich auf den Oberboden, insbesondere die oberen 60 bis 80 cm beschränkt blieb. Dies deutet darauf hin, dass das Wurzelsystem der Fichten an diesem Standort

vermutlich flacher ausgebildet ist als das der Buchen.

Rosenqvist et al. [16] gehen davon aus, dass bei Fichten ab Matrixpotenzialen von -500 hPa (grobsandige Böden) bis -1.000 hPa (tonreiche Böden) mit Trockenstress zu rechnen ist. Bei diesen Schwellenwerten sinkt der verbliebene Anteil an pflanzenverfügbarem Bodenwasser auf etwa 20 %. Nach von Wilpert [20] und Groh et al. [11] kann es ab

einem Betrag von ca. -1.000 hPa (Fichte) bis -1.300 hPa (Buche) zu Wachstumseinschränkungen infolge des Schließens der Stomata kommen. Die hier vorgestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass Wachstumsunterbrechungen bereits ab -600 hPa zu beobachten sind.

Fazit

Zwischen den untersuchten Baumarten bestehen in Trockenphasen deutlich zu unterscheidende Muster der Durchmesserentwicklung. Die untersuchten Kiefern und Fichten reagierten stärker mit Wachstumseinbußen als Buchen und Eichen auf die ab Frühjahr 2018 herrschende Witterung mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen und sehr geringen Niederschlägen. Die witterungsbedingt starke Austrocknung des Bodens lässt sich sehr gut anhand der Matrixpotenzialmessungen ausgewählter Standorte nachvollziehen und spiegelt sich unmittelbar im Wachstumsverlauf während der Vegetationszeit wider. Die Tiefenausschöpfung des Bodenwassers ist unter Buche stark ausgeprägt, unter Kiefer in Augustendorf und Fichte im Solling dagegen gering.

Der Zuwachs der Fichten und Kiefern lag in allen untersuchten Beständen deutlich unter dem der letzten Jahre. Die Buchenflächen verzeichneten mit Ausnahme der Fläche Lüss mittlere bis hohe Zuwächse und auch bei den Eichenbeständen entsprach das Radialwachstum dem Niveau des Vorjahres.

Das Risiko für Wachstumseinbußen erscheint umso größer, je früher im Jahr Trockenstress auftritt. Infolge der extremen Trockenheit 2018 muss auch in den Folgejahren mit Zuwachseinschränkungen gerechnet werden.

Literaturhinweise:

Das Literaturverzeichnis finden sich unter: <https://www.forstpraxis.de/downloads/>

Dr. Markus Wagner,
Markus.Wagner@nw-fva.de,
Birte Scheler, Johannes Suttmöller,
Inge Dammann, Dr. Uwe Paar,
Dr. Henning Meesenburg sind
Mitarbeiter/innen in der Abteilung
Umweltkontrolle an der Nordwest-
deutschen Forstlichen Versuchsan-
stalt (NW-FVA). Prof. Dr. Johannes
Eichhorn leitet die Abteilung.



	Augustendorf Kiefer	Nedlitz Kiefer	Hessisches Ried		Solling	
			Kiefer	Buche	Buche	Fichte
Bodentyp ^[1]	Podsol	Braunerde	Braunerde-Gley	Pseudogley-Braunerde	Braunerde (pseudovergleyt, podsolig)	Braunerde (podsolig)
Substratgruppe ^[9]	unverlehmtter Sand	schwach verlehmtter Sand	unverlehmtter Sand	unverlehmtter Sand	Buntsandstein	Buntsandstein
Bodenart ^[1]	lehmgiger Sand	schwach lehmiger Sand	Sand über Schluff/Lehm	Sand über Schluff/Lehm	lehmgiger Schluff	sandiger Lehm
nFK bis 1 m (mm) ^[5, 14, 19, 21]	101	107	154	168	141	148

Tab. 1: Übersicht über die Bodeneigenschaften an ausgewählten Flächen des Intensiven Monitorings in Nordwestdeutschland mit Bodenfeuchtemessungen (nFK = nutzbare Feldkapazität)